УДК 539.621+674.053

НОВЫЙ ПОДХОД К СНИЖЕНИЮ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ

А.А. Кондратюк, Ю.В. Гриняев*, В.К. Шилько**

Томский политехнический университет.
E-mail: publish@tpu.ru
*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН
**Томский государственный архитектурно-строительный университет
E-mail: docent46@yandex.ru

Проанализировано напряженное состояние ленточной пилы в зоне резания. Рассмотрены процессы на концептуальной модели механизма резания ленточнопильного станка. Предложен кинематический способ снижения уровня напряженного состояния в инструменте за счет применения компоновочной схемы механизма резания со "слабонатянутой" ленточной пилой.

В мировой практике деревообрабатывающей промышленности широкое применение получили двушкивные ленточнопильные станки (ЛПС) [1]. Их развитие идет по пути совершенствования шкивов, направляющих и виброгасящих устройств. Для повышения производительности и точности распиловки прибегают к увеличению размеров ленточных пил (ЛП), что ведет к увеличению диаметров шкивов и общей массы станка. У традиционной двушкивной компоновочной схемы имеются основные проблемы:

– недостаточная устойчивость ЛП,
– малый ресурс пил по сопротивлению усталости.

Как показала история развития ЛПС, двушкивная схема не позволяет в должной мере решить эти проблемы, поэтому появились другие схемы механизмов резания, в основе которых лежат новые способы сообщения движения ЛП [2–4]. При этом авторы разрабатываемых схем пытались в основном решать проблему повышения устойчивости ЛП, а вопросы повышения их ресурса по по сопротивлению усталости оставались на втором плане.

Нами [5–7] рассмотрены основные виды напряженного состояния ленточных пил и предложены пути снижения уровня действующих напряжений. Одним из путей снижения действующих напряжений в ЛП предлагается уменьшение усилия предварительного натяжения инструмента. Так, в работе [7] рассмотрена концептуальная модель механизма резания ЛПС, а также сформулированы требования, которым она должна отвечать, то есть:

– обеспечивать рабочее натяжение для ЛП только в зоне резания между направляющими, (например, как при волочении металлов);
– не иметь устройств и агрегатов для сообщения движения ЛП на основе трения скольжения;
– исключать центробежные силы в рабочей ветви пилы;
– реализовывать надежные регулировки для придания ЛП нужного положения;
– создавать устойчивые опорные реакции для пилы возле зоны резания с целью противодействия усилию подачи на основе трения относительного покоя.

Таким требованиям к механизму резания ЛПС может отвечать концептуальная модель, представленная на рис. 1.

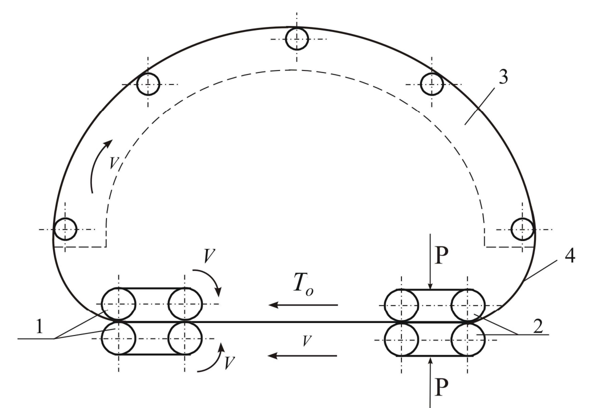


Рис. 1. *Концептуальная модель механизма резания ЛПС с приводным направляющим и тормозным направляющим устройствами на основе длинных контактов трения относительного покоя и свободной нерастянутой пилой вне зоны резания: 1, 2) приводное и тормозное направляющие устройства, 3) поддерживающий контур с роликовыми траверсами для ЛП вне зоны резания, 4) ленточная пила, V — скорость резания, P — усилия прижима гибких рабочих органов к ЛП, T_0 — необходимое усилие натяжения пилы*

В данной схеме ЛП при работе натягивается только в зоне резания за счет необходимого тягового усилия W приводного направляющего устройства и усилия торможения тормозного направляющего устройства. Тяговое усилие должно составлять

$$W \geq \kappa_m (W_m + P_{рез.}),$$

где $P_{рез.}$ – действующая сила резания, W_m – необходимое усилие торможения ленточной пилы, κ_m – коэффициент запаса тягового усилия.

В этой связи сила T_p, необходимая для натяжения ЛП в рабочей зоне, определяется как $T_p = W - W_m$. Данная сила, аналогичная усилию предварительного натяжения T_0, создает напряжения в ЛП σ_0, которые для двушкивных ЛПС должны составлять:

– 30...60 МПа – для столярных и других станков легкого класса;
– 60...100 МПа – для делительных и бревнопильных среднего класса;
– 100...140 МПа – для бревнопильных тяжелого класса.

Отсюда следует, что можно как минимум в два раза снизить уровень действующих напряжений в ЛП от усилия предварительного натяжения, если перейти на компоновочную схему механизма резания ЛПС на основе длинных контактов трения относительного покоя со "слабонатянутой" пилой, рис. 2.

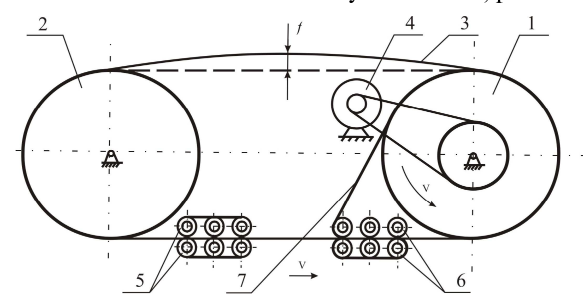


Рис. 2. *Компоновочная схема механизма резания горизонтального ЛПС на основе длинных контактов трения относительного покоя, и "слабонатянутой" ЛП: 1, 2) ведущий и ведомый шкивы, 3) ЛП, 4) электродвигатель привода, 5, 6) тормозное и приводное направляющие устройства, 7) промежуточный гибкий тяговый рабочий орган, f — стрела прогиба от перераспределения усилия натяжения в соответствии с соотношением Ж. Понселе*

Проведенные экспериментальные исследования показали, что для передачи тягового усилия минимально допускаемое усилие предварительного натяжения соответствует уровню напряжений 2...8 МПа в зависимости от материала ведомого шкива. Для более устойчивого движения ведомого шкива и ЛП, при котором она может начать осуществлять процесс резания, данные напряжения должны составлять 10...15 МПа. При таком уровне напряжений ЛП еще не полностью занимает своего положения прямой линии сопряжения с периферией шкивов. Для занятия ЛП данного положения в зависимости от ее толщины необходим уровень напряжений от усилия предварительного натяжения 20...25 МПа.

Данные эксперименты подтвердили предположение, что можно уменьшать действующие нагруз-

ки на пилу за счет снижения напряжений от усилия предварительного натяжения. Этого можно достичь, максимально приблизив компоновочную схему механизма резания ЛПС к схеме, представленной на модели, рис. 1, где на пилу действуют напряжения, необходимые для осуществления процесса резания в рабочей зоне. В кинетостатике к ним будут относиться напряжения от:

– натяжения ЛП в зоне резания;
– сил резания;
– передачи тягового усилия.

Данных напряжений нельзя избежать, т.к. они необходимы для осуществления процесса резания и передачи ЛП рабочего движения, однако уровень напряжений от усилия предварительного натяжения в данном случае будет значительно меньше. Таким образом, на рабочей ветви двушкивного ЛПС со "слабонатянутой" ЛП будут действовать напряжения:

$$\sum \sigma_{раб} = \sigma_{уст} + \sigma_{наг} + \sigma_{рез} + \sigma_{тяг} . \qquad (*)$$

Установочные напряжения составят $\sigma_{уст}=\sigma_0+ +\sigma_{изг}+\sigma_{вал}$, где $\sigma_{изг}$, $\sigma_{вал}$,$\sigma_{рез}$, $\sigma_{наг}$, $\sigma_{тяг}$ – напряжения от изгиба ленточной пилы на шкивах, степени вальцевания пилы, действующих сил резания, нагрева пилы, от передачи тягового усилия.

В выражении (*) отсутствуют напряжения от действия центробежных сил, т.к. возле зоны резания на прямолинейных участках движения они гасятся гибкими промежуточными рабочими органами приводного и тормозного направляющих устройств, а в установочных напряжениях отсутствуют напряжения от уклона ведомого шкива. Снижение уровня напряжений от усилия предварительного натяжения, центробежных сил и уклона ведомого шкива благотворно сказывается и на циклической долговечности ЛП. Проведенные исследования показали, что компоновочная схема механизма резания ЛПС со "слабонатянутой" ЛП может успешно работать, осуществляя процесс резания с растянутым участком пилы только в рабочей зоне. Однако, чтобы осуществлялся эффективный процесс торможения, необходимо достаточно сильно прижимать рабочие органы тормозного направляющего устройства к ЛП, что приводит к их быстрому износу. Очевидно, что здесь необходимо от механических тормозных устройств переходить к электромеханическим, используя принцип торможения противотоком. В целом же концепция по снижению уровня напряжений в ЛП за счет применения локально растянутой только в зоне резания ленточной пилы, нашла свое подтверждение в практическом исполнении.

Выводы

1. Напряженное состояние ленточных пил можно снизить, применяя компоновочную схему механизма резания ленточнопильного станка на основе длинных контактов трения относительного покоя со "слабонатянутой" пилой, когда часть необходимого усилия натяжения будет создаваться за счет разности тягового усилия приводного направляющего устройства и усилия торможения тормозного направляющего устройства.
2. Для более эффективного осуществления процесса торможения ленточной пилы в зоне резания необходима разработка специальных типов тормозных направляющих устройств, поскольку механические тормозные направляющие устройства могут обеспечивать лишь работу ленточных пил в станках легкого класса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Феоктистов А.Е. Ленточнопильные станки. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 152 с.
2. Прокофьев Г.Ф. Интенсификация пиления древесины рамными и ленточными пилами. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 240 с.
3. Патент на полезную модель 38670 РФ. МКИ[7] B27B 15/04. Ленточнопильный станок / В.Д. Руднев, В.К. Шилько, М.Ю. Кондратьев // Изобретения. Полезные модели. – 2004. – № 19, IV часть. – С. 673–674.
4. Шилько В.К. Перспективы развития ленточнопильных станков // Деревообрабатывающая промышленность. – 2004. – № 5. – С. 6–11.
5. Кондратюк А.А., Шилько В.К. Оценка напряженного состояния ленточных пил // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307 – № 2. – С. 138–142.
6. Кондратюк А.А., Шилько В.К. Определение ресурса работы ленточных пил по циклической долговечности // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307. – № 3. – С. 105–108.
7. Механизмы резания ленточнопильных станков / Шилько В.К.; Томский гос. архит.-строит. ун-т. – Томск, 2004. – 151 с. – Деп. в ВИНИТИ 07.05.2004, № 766. – В2004.